

مقدمه

امروزه موضوعات انرژی، بهینه‌سازی مصرف و محیط زیست از مهمترین مباحث مطرح در مهندسی و صنعت است. با توجه به قیمت بالای انرژی و روند رو به کاهش منابع سوخت‌های فسیلی، همچنین تأثیرات سوخت‌های فسیلی بر محیط زیست، توجه همگان به استفاده بهینه از انرژی و کنترل مصرف آن از طریق استفاده از سیستم‌های با راندمان بالاتر و فناوری‌های سازگارتر با محیط زیست معطوف شده‌است. پژوهش در این زمینه در کشورهای صنعتی سابقه زیادی دارد و در کشورهای در حال توسعه نیز تحقیق و توسعه در این حوزه‌ها در سال‌های اخیر اهمیت زیادی یافته‌است.

به دلیل قابلیت‌ها و انعطاف پذیری توربین‌های گازی برای تولید توان الکتریکی و کاربردهای دیگر، همچنین وجود منابع انرژی متناسب با آن در کشور، استفاده از توربین‌های گازی در صنایع مختلف بخصوص با اهداف تولید انرژی الکتریکی امری اجتناب ناپذیر خواهد بود.

با توجه به تنوع بالای توربین‌های گازی از نظر توان تولیدی، راندمان و همچنین پیچیدگی آن‌ها در بخش‌های مختلف، طرح‌های متنوعی از آنها توسط سازندگان مختلف ارائه گردیده‌است. انتخاب هر یک از این طرح‌ها و تولید و بکارگیری آن، نیازمند دانش بالای طراحی توربین‌های مذکور با توجه به قابلیت‌های بومی می‌باشد.

بنابراین شناخت صحیح از وضعیت موجود یک فناوری در دنیا و همچنین توانمندی‌های موجود در داخل کشور در جهت توسعه یک فناوری میتواند در قالب ترسیم یک سند راهبردی و چشم انداز آینده نسبت به آن فناوری بیان گردد

در این پروژه به بررسی و تدوین نقشه راه کشور در راستای تدوین نقشه راه جهت تکمیل طراحی توربین‌های گازی نیروگاهی مورد نیاز صنعت برق کشور پرداخته خواهد شد.

مجموعه مواردی که ضرورت توسعه فناوری توربین‌های گازی و توجه‌پذیری طرح را نشان می‌دهند در قالب ابعادی مانند حجم بازار، صرفه‌جویی ارزی، توانمندی داخلی، اشتغال‌زایی، مزیت نسبی تولید برق توسط نیروگاه‌های گازی و ضرورت کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی دسته‌بندی می‌شوند. به طور کلی وجود صنعت داخلی و نیازمندی‌های داخلی برای به کارگیری فناوری‌های پیشرفته‌تر یک سو و ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی از سوی دیگر ضرورت توسعه فناوری در این حوزه را تبیین می‌کنند.

فناوری توربین‌های گازی، به عنوان یک فناوری موجود که دارای یک بازار شکل یافته می‌باشد از حیث چرخه عمر محصول و چرخه عمر فناوری در مرحله بلوغ قرار دارد. این امر با توجه به عوامل اقتصادی مانند روند فروش و قیمت، و تعداد رقبا از یک سو و عوامل فنی مانند روند تغییر توان خروجی، دمای ورودی توربین‌های گازی، نسبت فشار و راندمان از سوی دیگر تعیین شده‌است.

در راستای اهداف کلان وزارت نیرو در آفتق ۱۴۰۴،
جمهوری اسلامی ایران توانمند در زمینه طراحی، توسعه، تولید
رقابتی و صادرات توریین‌های گازی نیروگاهی خواهد بود.

اهداف توسعه فناوری

در راستای چشم انداز فوق اهداف کلان در حوزه فناوری توربین گازی در افق زمانی ۱۴۰۴، به صورت زیر تعریف شده اند:

- دستیابی به راندمان ۳۹٪ برای توربین های گاز با توان بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ مگاوات
- کاهش هزینه های تولید به ویژه مبتنی بر افزایش عمر
- ارتقای ناوگان فعلی نیروگاهی
- کاهش آلاینده های احتراق
- تبدیل نیروگاه های بخار به سیکل ترکیبی
- تحقق پیشرفت فناورانه با تاکید بر موارد زیر:

- ✓ بومی سازی دانش فنی فرآیندهای ساخت
- ✓ سرمایه گذاری و تعامل موثر با دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی
- ✓ افزایش همکاری های تکنولوژیک بین المللی
- ✓ سرمایه گذاری در R&D و جذب نیروی نخبه

راهبردهای توسعه فناوری

دستیابی به چشم انداز و اهداف کلان پیش گفته بدون توسعه و تامین فناوری های لازم ممکن نخواهد بود. در نتیجه می بایست با استفاده از مکانیسم مشخصی به اولویت بندی فناوری های شناسایی شده پرداخته شود. بنابراین در این مرحله با استفاده از نظرات خبرگان فناوری های زیر ذیل چهار دسته توربین، محفظه احتراق، کمپرسور و آزمون پروتوتایپ به عنوان اولویت های توسعه در نظر گرفته شدند که عبارتند از:

• توربین

- ✓ طراحی آیرودینامیک توربین
- ✓ طراحی خنک کاری (فیلم کولینگ و...)
- ✓ طراحی سیستم هوای ثانویه (SAS)
- ✓ سیلینگ های جدید
- ✓ مواد پایه پره (DS)
- ✓ مواد پایه پره (SX)
- ✓ پوشش ها

• محفظه احتراق

✓ طراحی محفظه احتراق حلقوی

✓ تست محفظه احتراق حلقوی

• کمپرسور

✓ طراحی کمپرسور با نسبت فشار بالاتر

✓ تست مولفه ای کمپرسور طراحی شده

• آزمون پروتوتایپ

✓ انجام آزمون های اولیه

✓ آزمون های عملکردی مستمر

در این گام لازم است نحوه تامین این فناوری‌ها و سبک اکتساب آن‌ها مشخص شود که با توجه به میزان توانمندی داخلی، حجم بازار و افق زمانی پیش رو، سبک اکتساب تمامی فناوری‌های اولویت‌دار مبتنی بر بهره‌گیری از توانمندی داخلی بوده و به طور موازی فرصت‌های همکاری فناورانه جهت تسریع احتمالی توسعه فناوری نیز قابل پیگیری می‌باشند.

اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری

سیاست‌های توسعه فناوری

براساس چالش‌ها و موانع پیش روی نظام نوآوری حوزه توربین گازی لازم است مجموعه‌ای از سیاست‌ها و اقدامات متناظر با آن‌ها تدوین شوند. در این راستا مطابق با کارکردهای نظام ملی نوآوری چالش‌ها و سیاست‌های زیر احصا شده و در قالب موارد زیر ارائه شده است.

جدول ۱- چالش‌های نظام نوآوری توربین گازی و سیاست‌های کلان

سیاست‌های کلان	چالش‌ها	کارکردهای نظام نوآوری
سرمایه گذاری در دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها- ایجاد یک ساز و کار جهت جذب نخبگان دانشگاهی	کمبود نهادهای مشاوره‌ای در حوزه‌های مختلف صنعتی	کارآفرینی
باز طراحی نظام ارتباط دولت، صنعت و دانشگاه از طریق ایجاد مرکز توربین گازی	عدم مشارکت دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی در توسعه فناوری مورد نیاز صنعت توربین گاز	
تدوین بسته های تشویقی جهت جلب سرمایه گذاران داخلی	عدم وجود ساز و کاری صحیح برای شناسایی کارآفرینان واقعی جهت حمایت‌های مادی و معنوی	

سیاست های کلان	چالش ها	کارکردهای نظام نوآوری
تلاش در جهت توسعه همکاری با لایسنسورها	عدم وجود یک همکاری مشترک بین المللی در پروژه های پایلوت تحقیق و توسعه	توسعه دانش
سرمایه گذاری مشروط در دانشگاه در صورت انجام موفقیت آمیز طرح های کاربردی مورد نیاز صنعت	دانشگاه علاقه به حوزه های کاربردی غیر مقاله ای ندارد و لذا رویکرد دانشگاه صنعتی نشده است	
تدوین برنامه جامع و محول کردن اجرای آن به یک نهاد راهبر نظیر پژوهشگاه نیرو	عدم وجود برنامه جامع تحقیقات توسعه ای	
جهت دهی بودجه های پژوهشی حاکمیتی در جهت ایجاد زیر ساخت های آزمایش و حمایت پروژه های توسعه محصول و تکنولوژی مربوط به توربین گاز کلاس بالاتر	کمبود زیر ساخت آزمایشگاهی و تجربه در توسعه توربین گاز کلاس بالاتر	
جذب منابع مالی سالیانه و بهره گیری از صندوق های حمایتی	کمبود تامین اعتبارات لازم به منظور حمایت از توسعه فناوری	تامین و تسهیل منابع
ایجاد پایگاه تخصصی داده برای توربین های گازی و انتشار تولیدات علمی و فنی در این حوزه	عدم انتشار اطلاعات مبسوط از جریان کارها برای عموم محققین، مسئولین و سیاستگذاران	انتشار دانش
برگزاری منظم کنگره های تخصصی و کنفرانس های ملی و بین المللی توربین های گازی	عدم وجود همکاری کافی میان دست اندرکاران توسعه بخش توربین گازی در به مشارکت گذاشتن دانش استحصال شده با یکدیگر	
تهیه و انتشار مجلات تخصصی توربین گاز (دانشگاهیان، صنعتکاران، بخش خصوصی)	فرآیند مستندسازی در دانشگاهها، صنایع و سازمانها ضعیف است	
راه اندازی پایگاه اطلاعاتی جامع صنعت توربین گاز (سیاستگذاران، دانشگاهیان، صنعتکاران، بخش خصوصی (سرمایه گذاران)، عموم مصرف کنندگان)	عدم وجود بستری مناسب برای رسوب دانش کسب شده.	
تدوین سیاست های تشویقی برای ارتقا فناوری	کمبود حمایت ها و مشوق های لازم جهت توسعه فناوری	جهت دهی به سیستم
تدوین مشوق های لازم برای صادرات توربین گازی	کاهش اندازه بازار داخل و لزوم حضور در بازارهای صادراتی در بلندمدت	شکل دهی به بازار

در راستای سیاست های کلان فوق لازم است مجموعه ای از سیاست های اجرایی نیز تعریف شوند که این سیاست ها برای توسعه فناوری در بخش توربین گاز در ۶ حوزه زیر تدوین شده اند.

۱. توسعه بازار برای صنعت توربین سازی

۲. تبدیل نیروگاه های بخار به سیکل ترکیبی
۳. تامین و تسهیل منابع صنعت توربین گاز
۴. توسعه و انتشار دانش و فناوری توربین گاز
۵. سیاست‌های توسعه ساختار
۶. سیاست‌های ترویجی

• توسعه بازار برای صنعت توربین سازی

✓ تسهیل در اعطای مجوزهای لازم به سرمایه گذاران جهت ساخت توربین های گازی و معرفی آنان به توانیر جهت عقد قرارداد با تشکیل کمیته تسهیل اعطای مجوز

✓ اعطای کمک بلاعوض به توربین سازانی که درصدی از قطعات کلیدی خود را از تولیدکنندگان داخلی تامین نمایند با نظر شرکت توانیر

✓ تدوین و پیاده سازی نظام ارزیابی سازندگان توربین و قطعات ان

• تبدیل نیروگاه های بخار به سیکل ترکیبی

✓ پرداخت پاداش به شکل درصدی از تعرفه خرید برق در هر کیلووات ساعت به نیروگاه های سیکل ترکیبی

✓ در اولویت قراردادن خرید برق از نیروگاه های سیکل ترکیبی نسبت به سایر نیروگاه‌ها

✓ تخصیص بودجه مناسب توسط مجلس شورای اسلامی به منظور تبدیل نیروگاه های بخاری موجود به نوع سیکل ترکیبی آن و یا ایجاد آن ها

✓ ارائه وام های بلند مدت برای ایجاد یا تبدیل نیروگاه ها به نوع سیکل ترکیبی

• تامین و تسهیل منابع صنعت توربین گاز

✓ تامین و تسهیل منابع مالی

▪ ایجاد زمینه لازم برای ارائه وام های بلند مدت با سود کم به صنعت گران به منظور توسعه این حوزه از طریق رایزنی با بانک مرکزی، صندوق توسعه ملی، حساب ذخیره ارزی و بانک صنعت و معدن و سایر ارگان های ذیربط

▪ تسهیل فرایند تضمین بانک مرکزی به بانک های خارجی برای سرمایه گذاران جهت اخذ فاینانس از منابع خارجی با محوریت قانون سرمایه گذاری خارجی.

- ارائه معافیت های مالیاتی به شرکت های طراح توربین های گاز
- کاهش تعرفه های گمرکی به تولید کنندگان توربین های گاز
- حمایت از توسعه دانش طراحی توربین های گازی در داخل کشور با نظر توانیر
- تعریف پروژه های دولتی ارتقای دانش فنی طراحی توربین های گازی
- ✓ تامین منابع انسانی
- برگزاری دوره های آموزشی و کارگاه های تخصصی و آموزش در حین کار
- نیاز سنجی و ارائه دروس تخصصی توربین گاز در رشته های موجود و تلاش برای ارائه این دروس در دانشگاه های برتر کشور
- بورس تحصیلی متخصصین توربین گاز به خارج کشور در حوزه های تخصصی
- فراهم نمودن بستر لازم برای اعزام صنعت کاران خبره توربین گاز به خارج از کشور با همکاری سازمان های معتبر بین المللی
- تدوین آیین نامه های جذب و نگه داری خبرگان و نخبگان در حوزه های مورد نیاز صنعت توربین گاز
- تدوین آیین نامه همکاری میان دانشگاه ها و صنعت در حوزه های مورد نیاز توربین گاز

• توسعه و انتشار دانش و فناوری

- ✓ ارزیابی و پایش مستمر توانمندیهای فناورانه شرکت های داخلی در حوزه های اولویت دار مشخص شده در این سند
- ✓ حمایت از ارتباطات فناورانه میان مراکز علمی و صنعتی داخل با مراکز علمی و صنعتی داخل با مراکز علمی و صنعتی بین المللی
- ✓ تدوین و طراحی نظام مدیریت دانش و تهیه پایگاه جامع اطلاعاتی توربین گاز
- سیاست های توسعه ساختار
- ✓ مشخص کردن یک نهاد واحد به صورت یک مجموعه متمرکز مدیریت کننده، نظارتی و برنامه ریز کلان بودجه های تحقیقاتی صنعت توربین گاز مانند پژوهشگاه نیرو

- ✓ تاسیس مرکز جذب مالی و حمایت مالی از توربین گاز توسط این نهاد مدیریتی با ملاحظات زیر:
 - ✓ پیاده سازی بیشتر مشوق های مالی این صنعت
 - ✓ مدیریت منابع مالی به صورت متمرکز
 - ✓ تامین منابع مالی از طرق زیر:
 - بانک ها و سازمان های بین المللی از طریق وام و تفاهم نامه های همکاری
 - بانک های داخلی
 - بودجه دولتی
 - ✓ تاسیس مرکز تخصصی و فنی توربین با ملاحظات زیر:
 - هموار کردن منابع فنی توسعه صنعت توربین گاز
 - تهیه و تدوین راهنماها، روندها و تعیین استانداردهای طراحی و تست برای توربین های گازی و قطعات آن ها بر اساس مکانیزم های بین المللی و هم چنین در نظر گرفتن شرایط کشور
 - به روز رسانی کلیه استانداردها بر اساس بازخوردهای موجود
 - اجرا و هدایت عملیات تست برای کل صنعت توربین گاز شامل تست کل توربین گاز، قطعات و عملکرد شبکه بر اساس معیارها و روندهای بین المللی.
 - صدور تاییدیه ها و گواهی نامه ها مطابق با استانداردهای موجود.
 - تدوین دستورالعمل ها، ضوابط و استانداردهای زیست محیطی به منظور کاهش الایندگی توربین های گازی
 - بررسی و کنترل دائمی عملکرد صنعت توربین گاز
 - ایجاد و به روز رسانی بانک جامع اطلاعاتی توربین گاز
 - اجرای برنامه های تامین منابع انسانی برای صنعت توربین گاز
- سیاست های ترویجی
 - ✓ رایزنی با سیاست گذاران جهت جذب منابع برای توسعه صنعت توربین گاز
 - ✓ تلاش برای اجرایی شدن رهنمودهای مقامات عالی رتبه کشور در خصوص توسعه صنعت توربین گاز
 - ✓ تهیه برنامه جامع آموزش و آگاه سازی

- ✓ راه اندازی پایگاه اطلاعاتی جامع توربین گاز- مخاطبان: سیاستگذاران، دانشگاهیان، صنعت کاران، بخش خصوصی (سرمایه گذاران)، عموم مردم.
- ✓ برگزاری کنفرانس ها با موضوعات: آشنایی با موضوعات سرمایه گذاری در صنعت توربین گاز وساخت قطعات مختلف، آشنایی با اسناد و سیاست های توسعه صنعت توربین گاز، آشنایی با اهمیت توسعه صنعت توربین گاز در کشور و آشنایی با راهکارهای توسعه صنعت توربین گاز در کشور، آشنایی با انواع روش های انتقال تکنولوژی در صنعت توربین گاز(سیاست گذاران، دانشگاهیان، بخش خصوصی)
- ✓ برگزاری نمایشگاه ها، نمایش پایلوت ها و دستاوردهای صنعت توربین گاز
- ✓ تهیه و انتشار مجلات تخصصی و ترویجی در خصوص توربین گاز
- ✓ تهیه و انتشار بولتن خبری در خصوص توربین گاز

اقدامات توسعه فناوری

پس از شناسایی حوزه های فناوری اولویت دار در مرحله اولویت بندی و انتخاب فناوری لازم است مجموعه طرح های عملیاتی برای توسعه این فناوری ها تعریف شوند. جداول زیر نشان دهنده این طرح ها می باشند که در چهار دسته کمپرسور، محفظه احتراق، توربین و آزمون پروتایپ ارائه شده اند. لازم به ذکر است برخی از طرح های مندرج در این جداول در حال حاضر توسط صنعت در دست اقدام می باشند، بنابراین مواردی که هم اکنون در دستور کار صنعت نیستند یا هنوز برنامه ریزی اصولی برای انجام آن ها نشده است، از حیث حمایت توسعه فناوری واجد اهمیت مضاعفی می باشند که در جداول با علامت ستاره معین شده اند.

جدول ۲- اقدامات حوزه کمپرسور

ردیف	نام طرح
۱	ساخت چهار مرحله کمپرسور طراحی شده
۲	* آزمون مولفه ای کمپرسور طراحی شده
۳	* طراحی کمپرسور کامل کلاس F

جدول ۳- اقدامات حوزه محفظه احتراق

ردیف	نام طرح
۱	* طراحی (مکانیکی، سیالاتی و اکوستیکی) محفظه احتراق حلقوی Low NOx
۲	* ساخت محفظه احتراق با ترکیب جدید توربین
۳	آزمون های محفظه احتراق
۴	طراحی سیستم سوخت رسان دو گانه سوز

جدول ۴- اقدامات حوزه توربین

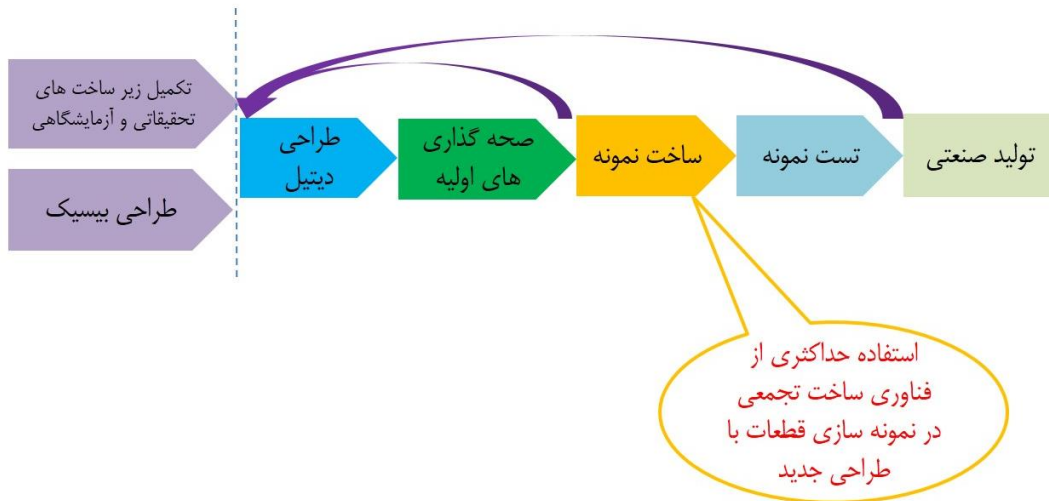
ردیف	نام طرح
۱	* طراحی سیستم های خنک کن پیشرفته نظیر Film Cooling
۲	* طراحی سیلینگ های جدید مطابق کلاس F
۳	طراحی آیرودینامیک توربین
۴	طراحی پوشش های مناسب کلاس F
۵	طراحی سیستم هوای ثانویه (SAS)
۶	توسعه فناوری های جدید ساخت پره (DS/SX)
۷	طراحی مکا نیکی و تخمین عمر
۸	ساخت پره های طراحی شده جدید، شامل (ابزار و قالبهای جدید)
۹	* تجهیز بستر های آزمون

جدول ۵- اقدامات آزمون های پرو توتایپ محصول جدید

ردیف	نام طرح
۱	تجهیزات (Isntruments) و حسگر های (Sensors) آزمون پروتوتایپ محصول جدید
۲	انجام آزمون های اولیه
۳	تغییرات و اصلاحات در طراحی و آزمون مجدد
۴	آزمون های عملکردی مستمر

مجموعه طرح‌های فوق در قالب یک برنامه زمانبندی ۶ ساله پیاده‌سازی خواهد شد که با توجه به افق زمانی ده ساله مندرج در چشم‌انداز، در مدت زمان چهار سال باقیمانده تا افق مورد نظر (۱۴۰۴) مجموعه فعالیت‌های صنعتی سازی این طرح‌ها انجام خواهد شد. همچنین همانطور که در جداول فوق مشخص است این طرح‌ها با همکاری شرکت مپنا دنبال می‌گردد که بخش ساخت و تست بر عهده مپنا و بخش طراحی و بستر سازی لازم برای تست با همکاری مشترک شرکت مپنا و پژوهشگاه نیرو و بکارگیری افراد و مراکز متخصص در زمینه توریسم گاز صورت می‌گیرد.

رهنگاشت (نقشه‌راه) توسعه فناوری توربین‌های گازی



مسیر کلی طراحی و ساخت توربین

بخش	شرح فعالیت	مدت زمان
طراحی و توسعه کمپرسور	تکمیل زیر ساخت های تست و ساخت چهار مرحله کمپرسور (هزینه ۱۰ میلیارد تومان)	۱ سال
	صحنه گذاری طراحی اولیه (هزینه ۲ میلیارد تومان)	۱ سال
	طراحی کامل کمپرسور (هزینه ۶ میلیارد تومان)	۱ سال
	ساخت کمپرسور مطابق با طرح جدید (هزینه ۲۰ میلیارد تومان)	۱/۵ سال
طراحی و توسعه محفظه احتراق	تکمیل زیر ساخت های تست و آزمون (هزینه ۵ میلیارد تومان)	۲/۵ سال
	طراحی محفظه احتراق حلقوی و مشعل ها (هزینه ۳۰ میلیارد تومان)	۲ سال
	ساخت و تست محفظه احتراق و مشعل و نیز اجزای متناظر از آن (هزینه ۳۰ میلیارد تومان)	۲ سال
	طراحی سیستم های جانبی مرتبط (هزینه ۲ میلیارد تومان)	۱ سال
طراحی و توسعه بخش توربین	تکمیل زیر ساخت های لازم ساخت، تست و آزمون (هزینه ۲۵ میلیارد تومان)	۳ سال
	طراحی ایرو دینامیک (هزینه ۶ میلیارد تومان)	۲ سال
	طراحی خنک کاری و پوشش (هزینه ۸ میلیارد تومان)	۲ سال
	طراحی مکانیک و آب بندها (هزینه ۸ میلیارد تومان)	۲ سال
	طراحی سیستم هوای ثانویه (هزینه ۵ میلیارد تومان)	۱ سال
	توسعه و ساخت اولین سری پره ها و پوسته و سیلینگ توربین با طراحی و مواد و پوشش جدید (هزینه ۴۵ میلیارد تومان)	۳ سال
مهندسی دیتیل ماشین، ساخت نمونه و تست	ایزار دقیق، تجهیزات جانبی و زیرساخت مورد نیاز تست پروتوتایپ و ساخت اولین نمونه (هزینه ۳۰ میلیارد تومان)	۲ سال
	تغییرات و اصلاحات در طراحی (هزینه ۲۰ میلیارد تومان)	۱ سال
	تست و آزمون نمونه (هزینه ۱۰ میلیارد تومان)	۲ سال

رهنگاشت توسعه فناوری توربین‌های گازی کشور در افق ۱۴۰۴